Jamet, E. et Arguel, A. (sous presse) La compréhension d'un document technique multimédia peut-elle être améliorée par une présentation séquentielle de son contenu? *Le travail Humain*.

Recherches empiriques

La compréhension d'un document technique multimédia peut-elle être améliorée par une présentation séquentielle de son contenu?

Eric Jamet [1]et Amaël Arguel

Résumé :

Les documents techniques électroniques sont de plus en plus courants dans de nombreuses formations scolaires, universitaires ou professionnelles. Ces documents électroniques présentent un certain nombre d'avantages sur leurs homologues présentés sur papier. L'un d'eux est la possibilité de présenter progressivement une information visuelle synchronisée à l'explication orale correspondante. En nous appuyant sur des résultats expérimentaux récents, nous nous proposons de comparer ce type de présentation à une présentation statique du même contenu dans un document de formation sur les gestes de premiers secours. Nous faisons l'hypothèse que la supériorité de ce type de présentation ne se limitera pas à des contenus eux-mêmes séquentiels, par exemple une procédure, mais aussi à d'autres contenus sans relations temporelles spécifiques. Cette hypothèse est vérifiée : les bénéfices de la présentation séquentielle sont mis en évidence dans une épreuve impliquant la connaissance d'une série d'actions dans un ordre spécifique mais aussi sur des questions portant sur le rappel de notions où l'ordre n'est pas impliqué. Des bénéfices de la présentation séquentielle sont aussi mis en évidence pour une tâche de transfert de connaissances. Les retombées de cette expérience sur la conception de documents techniques électroniques sont discutées.

MOTS-CLES : Documents techniques, multimédia, présentation séquentielle.

Title :

---

[1] *Laboratoire de Psychologie expérimentale. CRPCC Université Rennes II – 1, Place du recteur H. Le Moal - 35043 Rennes Cedex Eric.jamet@uhb.Fr*

Can the comprehension of a multimedia technical document be improved by a sequential presentation of its content?

Summary:

Electronic technical documents are becoming increasingly common in very many school-level, university and professional courses. These electronic documents offer a number of advantages over their paper counterparts. One of these is the ability to present visual information gradually in a way which is synchronized with the corresponding spoken explanation. Taking recent experimental results as our basis, we wished to compare this type of presentation with a static presentation of the same content in a training document on the subject of first aid. Our hypothesis was that the superiority of this type of presentation will not be limited to content that is sequential in nature but will extend to other contents which have no specific temporal relations. This hypothesis was verified: the benefits of sequential presentation were revealed in a task involving knowledge of a series of actions conducted in a specific order as well as in questions relating to the recall of concepts in which this order was not involved. The benefits of sequential presentation were also revealed in a knowledge transfer task. The consequences of this experiment for the design of electronic technical documents are discussed.

Keywords: technical documents, multimedia, sequential displays.

I. Introduction

Les documents techniques électroniques (mode d'emploi, didacticiels, cédéroms de formation) présentent un certain nombre d'avantages sur leurs homologues papier (utilisation d'illustrations dynamiques, de la modalité orale, de fenêtres escamotables, etc.) qui peuvent éventuellement se traduire par des améliorations des performances de leurs utilisateurs (Jamet, 2002). Ainsi, il est de plus en plus courant d'utiliser conjointement des modalités de présentation de l'information variées dans les documents électroniques : illustrations et textes en modalité visuelle mais aussi commentaires oraux. L'objet de cette étude est d'analyser les effets du format de présentation d'un document de formation aux gestes de premiers secours composé de textes explicatifs oraux, d'illustrations et de diagrammes variés. La particularité de ce type de document est que la composante temporelle des instructions est souvent forte (conduite à tenir pour donner l'alerte ou pour stopper une hémorragie) mais pas systématique (adapter une technique à un type d'hémorragie par exemple). Contrairement à beaucoup de documents techniques, notamment procéduraux, ce document n'a pas pour but d'être utilisé en situation mais appris a priori au cours d'une formation spécifique validée par un examen. Ces documents procéduraux à exécution différée sont utilisés dans de nombreuses formations professionnelles pour des situations de travail où l'accès au document original est difficile ou impossible pendant l'activité (e.g. chirurgie, conduite automobile). Plus généralement, ils concernent toutes les activités où la contrainte temporelle est suffisamment forte pour que la consultation d'un document soit exclue pendant la tâche, par exemple les situations d'urgence.

L'idée générale de ce travail est que la qualité des actions réalisées pendant l'activité dépend, entre autres, de la manière dont les connaissances sont stockées et structurées en mémoire. De ce point de vue, la façon dont l'information est présentée au cours de l'apprentissage a un rôle non négligeable. Ainsi, il est démontré que les illustrations - notamment accompagnées d'explications orales - permettent une amélioration des performances dans des tâches de transfert de connaissances. Néanmoins, cette capacité à utiliser ces connaissances dans de nouvelles situations implique l'intégration mentale des informations issues des différentes voies sensorielles. Il peut apparaitre nécessaire de favoriser cette mise en relation au cours de l'apprentissage. Plus spécifiquement, il est proposé d'évaluer ici l'influence d'une

présentation synchrone d'éléments visuels et oraux dans la présentation multimédia d'un document procédural à exécution différée.

I.1. Le rôle des illustrations dans la compréhension des documents techniques.

Les présentations multimédias destinées à l'apprentissage ont déjà fait l'objet de nombreux travaux en psychologie cognitive. Les travaux les plus connus sont ceux de John Sweller et de Richard Mayer (Mayer, 2001 pour une revue). Les travaux de Sweller s'inscrivent dans le cadre d'une théorie dite de la charge cognitive (voir par exemple Jamet, 2006a; Sweller, 1999; van Merriënboer & Sweller, 2005 pour des revues récentes). Dans cette théorie, trois sources de charges cognitives sont distinguées : la charge intrinsèque (*intrinsic cognitive load*) liée à la difficulté de la tâche, la charge inutile *(extraneous cognitive load)* liée aux formats de présentation et la charge pertinente *(germane cognitive load)* liée entre autres au processus d'élaboration et de structuration des connaissances. Ces sources de charge mentale ont des effets additifs au cours de toute situation d'apprentissage. Il en résulte que l'utilisation d'un mauvais format de présentation sera particulièrement gênante dans des situations où la charge intrinsèque est élevée. Les performances en termes de temps ou d'efficacité en seront donc réduites vis-à-vis d'une situation où le format de présentation serait optimisé. Inversement, une situation où la charge inutile est réduite par une mise en forme matérielle adaptée peut permettre une augmentation des efforts consacrés à l'élaboration de schémas en mémoire.

Sur ce dernier point, la littérature est relativement riche. A titre d'exemple, il a été démontré que pour des modes d'emplois d'appareils ménagers, la combinaison d'un texte et d'une illustration explicative permettait des performances plus élevées que l'utilisation d'un seul de ces médias en termes d'aptitude à transférer les informations d'un texte technique à d'autres situations (Ganier, Gombert, & Fayol, 2000; voir également Glenberg & Langston, 1992; Mayer, 1989 pour des conclusions similaires avec d'autres matériels). Ces résultats sont généralement expliqués par des apports substantiels de l'illustration lors de l'élaboration du modèle mental de la situation décrite par le texte (Gyselinck, 1996; Schnotz, 2005; Schnotz & Bannert, 2003; Schnotz, Böckheler, & Grzondziel, 1999). Néanmoins, la présence d'une illustration n'est pas en soi une garantie d'efficacité, le type d'illustration utilisé a aussi un rôle prépondérant. A titre d'exemple, l'usage d'illustrations dynamiques (animations ou vidéos) est courant mais leur efficacité est très largement contestée.

I.2. Illustrations dynamiques et présentations séquentielles

Ainsi, les apports spécifiques du dynamisme, observables en comparant des versions statiques de documents à leurs versions dynamiques, sont peu probants. La revue de questions de Bétrancourt et Tversky (2000) démontre que les bénéfices du dynamisme n'apparaissent que dans des conditions précises. L'une des conclusions des auteurs est que la présentation dynamique (animation) serait particulièrement pertinente lorsque le document comporte une composante temporelle, par exemple une suite d'actions ou d'événements. Cette proposition est développée et argumentée dans une autre publication (Tversky, Morrison, & Bétrancourt, 2002) sous le nom de principe de congruence : une représentation externe doit correspondre en termes de formes à la représentation interne que l'on souhaite créer. Autrement dit, une présentation dynamique sera particulièrement efficace si elle est utilisée pour décrire des changements dans le temps. Les auteurs défendent néanmoins l'idée qu'il s'agit d'une condition nécessaire mais non suffisante, les animations devant également permettre une prise d'informations facile par un contenu succinct, l'usage de boutons de contrôle et de diagrammes simples (principe d'appréhension).

Si les animations ou les vidéos sont généralement conçues pour présenter un document de manière dynamique, il existe un certain nombre de travaux où sont comparées des présentations statiques d'éléments visuels à des présentations séquentielles de ces informations. Dans ce dernier cas, les informations sont présentées de manière successive, les différents éléments de la page se cumulant progressivement à l'écran. Ce type de présentation est à mi-chemin entre l'illustration statique et l'animation et se trouve donc difficilement catégorisable dans l'une de ces deux classes d'illustrations.

Pour l'instant ce type d'étude a été réalisé presque uniquement en modalité visuelle. Ainsi, l'étude réalisée par Wright, Hull et Black (1990) a permis de comparer les présentations complètes ou progressives d'un diagramme pendant la lecture d'un texte sur l'organisation de sociétés commerciales. Dans les conditions qui nous intéressent ici, le diagramme est présenté après chaque page de texte dans son intégralité ou de manière progressive en fonction des éléments introduits à l'écrit. La présentation séquentielle n'a pas d'influence sur la qualité des réponses à un questionnaire de connaissances. En revanche, le temps de consultation du diagramme est réduit de plus de 50% lorsque sa présentation est séquentielle.

Dans l'étude de Bétrancourt, Bisseret et Faure (2001) des cartes d'un village ou d'une bibliothèque sont présentées dans quatre conditions différentes : Le

premier format de présentation est statique, la carte est alors présentée dans son ensemble. Les trois autres conditions sont séquentielles mais différentes qualitativement. Les éléments peuvent être présentés soit en groupements fonctionnels (par exemple, par thématique pour la bibliothèque), soit en groupements par proximité (disposition dans l'espace), ou un à un par balayage exhaustif de la carte. Les performances de mémorisation sont évaluées par des tâches de dessin des cartes après la présentation. Aucun effet des formats n'est observé sur la quantité d'éléments rappelés. En revanche, les rappels des groupes linéaires et fonctionnels sont qualitativement très proches (en termes d'ordre) de leur mode de présentation. La représentation mentale élaborée pendant l'apprentissage semble donc être liée au format de présentation utilisé.

Dans une étude réalisée en situation naturelle dans une classe, Bétrancourt, Dillenbourg et Montarnal (2003) ont présenté des graphiques de bilans comptables accompagnés de textes explicatifs écrits. Trois versions du document sont proposées : une version statique, une version séquentielle, où l'ordre est imposé par le système et une version séquentielle interactive où l'utilisateur choisit l'ordre d'arrivée à l'écran des éléments. Les deux versions séquentielles du document entraînent des performances plus importantes dans des tâches de transfert de connaissances sans qu'un quelconque bénéfice de l'interactivité soit mis en évidence.

Dans une étude publiée en 2000, Blankenship et Dansereau ont comparé les formats de présentation d'une carte de concepts du fonctionnement du système immunitaire humain. Ils proposent de tester des solutions pour éliminer les phénomènes de surcharge et de découragement liés à la complexité des cartes de concepts en présentant de manière séquentielle ces cartes pour diriger l'attention des individus sur une route cohérente, pour insister sur des blocs pertinents d'informations et pour révéler progressivement la complexité de la carte. Ils évaluent la nature du média utilisé (texte ou carte) et le type de présentation (statique ou séquentielle). Le document est présenté via un vidéoprojecteur à des groupes d'étudiants qui sont ensuite évalués par une tâche de rappel libre différé proposée le lendemain. Les auteurs observent une interaction entre les deux facteurs manipulés pour les différentes mesures : les effets positifs de la séquentialité apparaissent pour les cartes mais pas pour le texte.

Cette série d'expériences permet donc de mettre en évidence des effets positifs variés des présentations séquentielles à la fois en termes qualitatifs (Bétrancourt, Bisseret, & Faure, 2001), en termes d'efficience (Wright, Hull, & Black, 1990), ou en termes de rappel (Blankenship & Dansereau, 2000), et de compréhension (Bétrancourt,

Dillenbourg, & Montarnal, 2003) démontrant ainsi que le mode de présentation d'une illustration est suffisant pour modifier l'efficacité de cette illustration.

Dans les études exposées précédemment, les documents étaient multimédias (i.e. composés de sources d'informations verbales et illustrées), mais n'étaient pas multimodaux dans la mesure où seule la modalité sensorielle visuelle était sollicitée. Il est de plus en plus courant d'utiliser des situations de formation où les modalités auditives et visuelles seront sollicitées conjointement, que ce soit dans un cédérom, un site web ou lors de l'usage d'un diaporama.

Concernant les documents multimédias, l'utilisation de textes et d'illustrations mutuellement référencés peut se révéler inefficace pour l'apprentissage du simple fait de leur séparation physique sur le document. Le lecteur est, en effet, constamment contraint d'effectuer des allers-retours entre les deux sources d'informations (Chandler & Sweller, 1996; Sweller & Chandler, 1994). Ces allers-retours entraînent selon Sweller un phénomène de partage attentionnel inutile, voire gênant, pour l'apprentissage. C'est l'intégration mentale des deux sources qui peut s'avérer difficile si leur mise en relation dans le document lui-même est compromise (Mayer & Moreno, 1998). Par exemple, l'élaboration de liens référentiels entre texte et illustration n'est possible que si l'apprenant arrive à identifier facilement la partie du schéma qui correspond à ce qu'il lit ou entend (Narayanan & Hegarty, 1998). Ce type de processus peut être relativement complexe, notamment chez des enfants (Hannus & Hyona, 1999), et tout ce qui pourra faciliter cette mise en relation est donc susceptible d'améliorer l'apprentissage.

La première solution envisagée et testée par l'équipe de Sweller consiste à intégrer physiquement le texte sur l'illustration. Les effets positifs de ce type d'intégration spatiale ont été mis en évidence pour des documents techniques ou pédagogiques variés (Chandler & Sweller, 1996; Erhel & Jamet, 2006; Jamet, 2000; Jamet & Erhel, 2006; Sweller & Chandler, 1994).

La seconde solution consiste à employer des modalités variées de présentation de l'information (Mousavi, Low, & Sweller, 1995) en élaborant des documents multimodaux. En effet, l'utilisation d'un commentaire oral accompagnant un schéma explicatif devrait permettre d'éviter les *shifts* attentionnels entre sources visuelles qui sont présents lorsque le commentaire est écrit. Cet effet est nommé « effet de modalité » dans les travaux les plus récents.

I.3. Les documents multimédias multimodaux

Les études réalisées autour de cet effet de modalité démontrent dans leur grande majorité qu'une explication orale est préférable à une explication écrite lorsque une source d'information illustrée est utilisée conjointement (Ginns, 2005 pour une revue récente). Dans une série de travaux, Mousavi, Low et Sweller, (1995) ont évalué la résolution de problèmes géométriques quand le schéma est accompagné lors de la phase d'apprentissage d'une solution présentée à oral, à l'écrit ou dans les deux modalités. Après une phase d'acquisition à partir d'exemples résolus, les sujets doivent résoudre une nouvelle série d'exercices. Dans la première expérience, le temps de résolution de ces problèmes est plus court lorsque la présentation est audiovisuelle (schéma et solution orale). L'utilisation conjointe des deux modalités (oral et écrit) pour présenter la solution semble en revanche être inefficace. L'hypothèse des auteurs est que lorsque la solution est présentée à l'écrit, elle est traitée par le sujet, entraînant ainsi le phénomène de partage attentionnel, et ce même si cette solution est présentée parallèlement en modalité auditive. Ces résultats sont répliqués dans une série d'expériences dans la même publication. Des résultats similaires ont été obtenus lorsque le document est constitué d'un schéma électrique accompagné d'une série d'instructions à la condition que ce schéma soit suffisamment complexe (Tindall-Ford, Chandler, & Sweller, 1997), pour une animation accompagnée d'une explication orale ou écrite (Mayer & Moreno, 1998) ou pour un document portant sur la fusion des solides (Kalyuga, Chandler, & Sweller, 1999). Néanmoins, dans une étude plus récente, Tabbers, Martens et van Merriënboer (2004) ont montré que cet effet de modalité pouvait s'inverser (i.e. supériorité de l'écrit) quand les utilisateurs contrôlaient le rythme de défilement des pages écrans. En résumé, il semble bien que l'utilisation de la modalité orale soit préférable à celle de l'écrit pour expliquer un schéma. Néanmoins, cet effet de modalité semble se limiter à des documents illustrés complexes et sans contrôle de l'apprenant.

Cet effet de modalité est généralement expliqué par une meilleure répartition des ressources propres à chaque modalité en mémoire de travail (Kalyuga, Chandler, & Sweller, 1999) mais aussi par le traitement contigu des différentes sources d'informations visuelles et orales (Mayer, 2001). Une conséquence directe de cette dernière hypothèse théorique est que l'avantage de la modalité auditive risque de disparaître si la recherche visuelle est complexe car dans ce cas le traitement de la source orale est antérieur à celui de la source visuelle. Les techniques qui permettront de favoriser cette recherche visuelle, par exemple en signalant l'élément évoqué à l'oral en le faisant clignoter à l'écran, seront donc susceptibles de diminuer cette difficulté. Ainsi,

Jeung, Chandler et Sweller (1997) ont montré que l'effet de modalité est observé uniquement en cas de mise en saillance (par clignotement de l'élément) pour des documents où la recherche visuelle est complexe. Pour des documents plus simples, cet indiçage est inutile, l'effet de modalité apparaissant sans qu'il soit nécessaire. Plus récemment, Craig, Gholson et Driscoll (2002) ont montré des effets positifs de signalement en faisant clignoter et en changeant de couleur un élément au moment où il est évoqué dans l'explication orale. De même, dans l'étude de Tabbers et de ses collaborateurs (Tabbers, Martens, & van Merriënboer, 2004), des effets bénéfiques d'indiçage liés à l'utilisation d'un changement de couleur au moment opportun sont observés pour une épreuve de mémorisation.

Ces trois publications démontrent donc toutes que l'efficacité d'une présentation bimodale peut être améliorée si des techniques de signalement sont utilisées pour indiquer au sujet quel élément illustré est évoqué dans l'explication orale. Des recommandations proches ont été proposées par Bétrancourt (2005) pour la conception d'animations sous le nom de *principe de guidage de l'attention*. L'auteur recommande l'utilisation de signaux visuels pour guider l'attention des utilisateurs vers les éléments importants de l'animation. Des effets allant dans ce sens ont ainsi été obtenus pendant l'apprentissage à partir d'animation pour des enfants (Boucheix & Guignard, 2005). Néanmoins, cet effet bénéfique des signaux n'apparait que lorsque les enfants contrôlent eux-même le rythme de présentation de l'information. De même, des signaux visuels insistant sur les éléments importants n'ont pas provoqué d'effets lors d'une tâche d'apprentissage d' une animation sans contrôle pour des étudiants (Mautone & Mayer, 2001). Une hypothèse intéressante consiste à proposer que dans ce cas, le mouvement de l'animation entrerait en compétition avec les signaux du point de vue de l'orientation exogène de l'attention.

Les présentations séquentielles peuvent aussi d'une certaine manière être conçues comme une technique de signalement. En effet, en faisant apparaitre au moment opportun, l'élément évoqué à l'oral, elles pourraient contribuer à faciliter la recherche visuelle, et donc indirectement à favoriser son traitement contigu à l'explication orale en mémoire de travail. Cette hypothèse a été testée récemment lors d'une situation d'apprentissage d'un document pédagogique (Jamet, 2006b). Dans ces études, la présentation d'un diagramme sur les troubles de la lecture (études 1 et 2) et la spécialisation hémisphérique (étude 2) était réalisée sous forme statique ou sous forme séquentielle synchronisée au discours. Les étudiants confrontés à ce dernier document obtiennent des performances plus élevées en termes de mémorisation, et de

compréhension. Les effets sont expliqués par la facilitation du processus de recherche visuelle, à la fois parce que la densité informative est moins forte, mais aussi parce que l'apparition de l'élément facilite l'orientation de l'attention.

La présentation séquentielle d'un diagramme semble donc pouvoir être utilisée comme une technique pouvant faciliter la recherche visuelle. Il apparait aussi que ce type de présentation peut faciliter la segmentation et la structuration de l'information en mémoire (Bétrancourt, Bisseret, & Faure, 2001). Dans l'étude de Jamet (2006b), l'ordre de présentation des éléments dans le document n'était pas primordial, l'effet qualitatif des présentations séquentielles sur la structuration des informations en mémoire n'a donc pas été évalué. En revanche, il apparait intéressant de tester un éventuel cumul des deux effets (signalement et structuration en mémoire) dans un document où l'ordre de mémorisation des éléments serait important, par exemple un document procédural.

I.4. Objectifs de l'étude

Les études présentées ici semblent indiquer tout d'abord que l'utilisation d'illustrations est recommandée pour l'apprentissage de documents techniques (*effet multimédia*). Pour ces documents illustrés, une présentation bimodale (auditive et visuelle) semble préférable à une présentation unimodale (*effet de modalité*). Parallèlement, cette présentation bimodale peut être plus efficace si des indices visuels permettent de mettre en saillance l'élément évoqué dans l'explication orale (*principe de guidage de l'attention*). Enfin dans le cadre des documents procéduraux, l'interface doit renforcer, autant que faire se peut, les aspects séquentiels et discrets des procédures (*principe de congruence*).

- Les présentations séquentielles possèdent dans ce cadre un double avantage par rapport à une présentation statique de la totalité des éléments à l'écran. Nous faisons en effet l'hypothèse qu'en présentant les éléments sur l'écran de manière synchrone au commentaire oral, la séquentialité des étapes de la procédure est renforcée, améliorant ainsi la mémorisation de l'ordre de ces étapes.

- La présentation séquentielle d'éléments renforce leur saillance perceptive (principe de guidage de l'attention) et donc, en facilitant la recherche visuelle, le traitement synchrone des éléments illustrés et verbaux en mémoire de travail. Dans ce cas, l'effet positif d'une présentation dynamique séquentielle devrait être observé pour des éléments évoqués dans le commentaire et sur l'écran, qu'ils soient ou non temporels.

- Enfin, la facilitation de l'élaboration des liens référentiels entre sources d'information orale et visuelle doit favoriser l'élaboration d'un modèle mental plus pertinent du document (Mayer, 2001; Narayanan & Hegarty, 1998). En testant la qualité de cette représentation par une épreuve de transfert de connaissances, un effet positif de la présentation séquentielle sur la performance peut donc être attendu.

II. Méthode

II.1. Participants et plan d'expérience

Quarante-deux étudiants de premier cycle universitaire ont participé à l'expérience, leurs âges se situant entre 18 et 25 ans. Les participants sont aléatoirement répartis en deux groupes égaux correspondant aux conditions « statique » et « séquentielle ». Un questionnaire administré pendant l'expérience permet de discerner les participants ayant un niveau de connaissances important quant aux gestes de premiers secours. Ainsi les données de cinq participants possédant un score supérieur à 50% de bonnes réponses à ce questionnaire (trois et deux sujets appartenant respectivement aux groupes « statique » et « séquentiel ») ont été retirées afin de ne conserver que des participants suffisamment novices pour que les connaissances évaluées après l'apprentissage dépendent bien du matériel présenté et non des connaissances antérieures.

II.2. Matériel

Pour l'expérience, un document multimédia portant sur la description des gestes de premiers secours, notamment de la conduite à tenir en tant que secouriste face à un cas d'hémorragie d'une victime, a été développé. Le document est supporté par une application informatique conçue à l'aide du logiciel Macromedia Director 8.5. Il est présenté en quatre parties enchaînées présentant chacune une page sur l'écran de l'ordinateur. Ces pages sont constituées d'illustrations et/ou de quelques informations écrites qui apparaissent de manière intégrale ou séquentielle selon les conditions expérimentales. Les deux conditions sont accompagnées des commentaires oraux identiques décrivant les éléments visuels et transmis aux sujets par un casque audio. Dans la condition dynamique, les éléments visuels apparaissent de manière synchrone avec l'information orale correspondante (voir figure 1).

Les informations présentées sont les suivantes :

1 - Conduite à tenir pour donner l'alerte en cas d'accident

2 – La technique de la compression directe

3 - La technique du point de compression

4 - La présentation d'un diagramme synthétique présentant la démarche générale à tenir confronté à un cas d'hémorragie, rappelant les trois étapes précédentes.

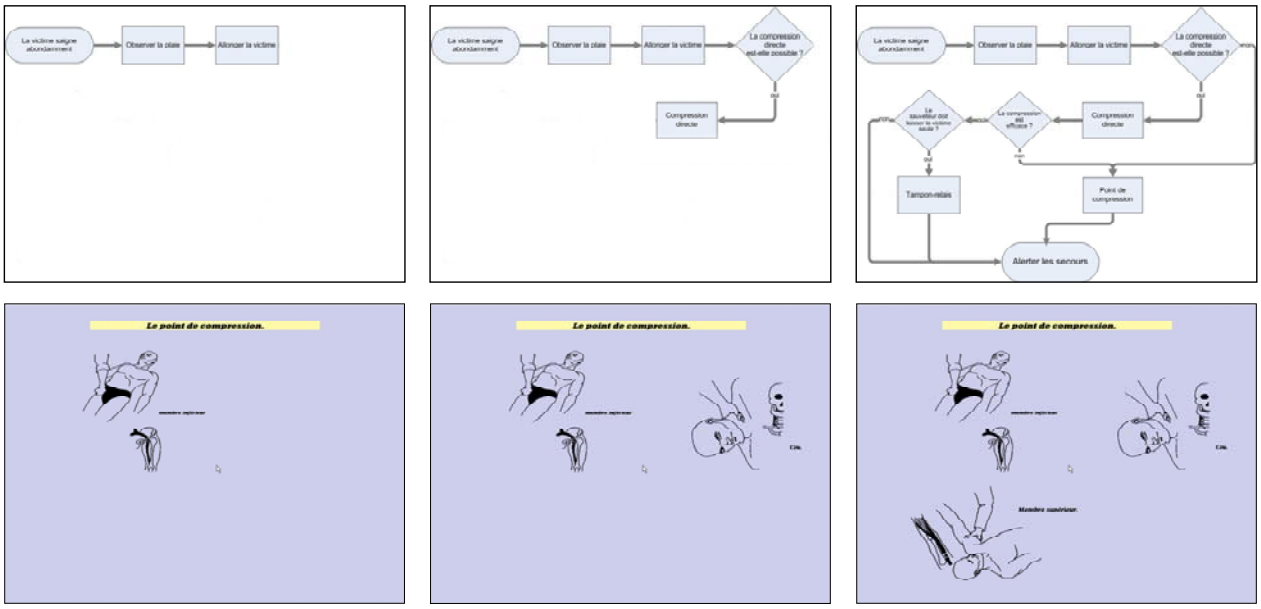

Figure 1 : Exemple des écrans en version séquentielle de la phase 2 et 4 ; la version statique correspond à la dernière image à droite. (Example of screens in the sequential version for stages 2 and 4 ; the static version corresponds to the final image at the right.

Les sujets n'ont pas la possibilité de contrôler le rythme de l'information hormis l'action sur le bouton « suite » apparaissant à la fin de la présentation de chacune des quatre pages.

II.3. Procédure

Un questionnaire préliminaire (sur papier) est administré à tous les sujets avant l'apprentissage. Il mesure le niveau des connaissances préalables dans le domaine des premiers secours dans le but de détecter des sujets experts. Il est composé de 6 questions à choix multiples dotées de réponses de type « ne sait pas ».

Il est oralement précisé aux participants l'importance d'être attentif à la présentation afin de répondre par la suite au questionnaire d'évaluation qu'ils auront à

compléter. Ensuite est présentée, sur ordinateur, la phase d'apprentissage composée de ses quatre parties.

La phase d'évaluation est constituée de deux types de questionnaires :

- Le premier est composé de 12 questions ouvertes. Six d'entre elles correspondent à un rappel de l'ordre des éléments temporels (par exemple, *que fait-on juste après avoir allongé la victime ?*). Les six autres correspondent à un rappel d'éléments non temporels mais explicitement cités dans l'explication et dans une illustration (par exemple, *ou peut-on pratiquer un point de compression ?*)

- La seconde épreuve est caractérisée par le transfert des connaissances acquises durant l'apprentissage à une nouvelle situation. Il s'agit ici de décrire la conduite à tenir suite à la présentation sous forme d'illustration d'une victime présentant une hémorragie grave due à un morceau de verre. Ce type d'exercice est généralement considéré comme faisant appel aux représentations de haut niveau de type modèle mental (voir par exemple Mayer, 1989). La réussite de l'exercice implique la réalisation d'une série d'actions. Cinq étapes sont possibles dont deux nécessaires pour la survie de la victime (réaliser un point de compression et alerter les secours). D'autres actions peuvent être réalisées à mauvais escient et seront considérées comme dangereuses (par exemple, réaliser un pansement compressif sur une plaie contenant un morceau de verre). Ces deux variables peuvent donc être considérées indépendamment (nombre d'étapes réalisées et nombre d'erreurs) mais aussi en interaction (la réussite à la tâche de transfert implique de réaliser au minimum 2 des étapes sans réaliser d'action dangereuse).

III. Résultats

III.1. Questionnaires de rappel

Les statistiques descriptives concernant le nombre de bonnes réponses aux questions portant sur l'ordre des étapes (éléments temporels) et aux questions relatives à des éléments non temporels sont présentées dans le tableau 1.

Tableau 1 : Nombre de bonnes réponses aux questionnaires en fonction du format (Number of correct responses to the questionnaires as a function of format)

	Rappel des éléments temporels		Rappel des éléments non temporels	
Format	Moyenne	Ecart-type	Moyenne	Ecart-type
statique	1,39	1,14	2,94	1,30
séquentiel	2,37	1,38	4,11	1,10

Les tests d'égalité de variance ne mettant pas en évidence d'hétérogénéité dans les deux groupes, des analyses de variance à un facteur intergroupe seront utilisées pour les deux variables dépendantes développées ici.

Concernant les éléments temporels, l'effet du facteur format est significatif ($F(1,35)=5,47$; $MSE=8,87$, $p=.025$). Le groupe pour lequel les éléments sont présentés séquentiellement obtient des scores supérieurs à ceux du groupe pour lequel les éléments à l'écran étaient statiques (respectivement 2, 37 et 1, 39 sur 6).

Un effet de ce facteur est aussi observé pour le second type de questions concernant les éléments non temporels ($F(1,35)=8,6$; $MSE=12,45$, $p=.006$), lui aussi au bénéfice du groupe séquentiel (respectivement 4,11 et 2,94 sur 6). Conformément à nos attentes, des effets positifs de la présentation séquentielle sont mis en évidence pour ces deux variables. La taille de l'effet calculé à partir de la formule de Cohen (1992) indique un effet relativement fort (.73) pour les éléments temporels et pour les questions relatives aux éléments non temporels (.88).

III.2. Tâche de transfert

Dans cette épreuve, un cas fictif était présenté aux sujets, ceux-ci devant fournir la conduite à tenir dans cette situation. Des analyses seront effectuées sur les données relatives au nombre d'étapes correctement fournies, au nombre d'individus ayant réalisé des actions dangereuses et au nombre d'individus ayant réalisé correctement la tâche (i.e. la présence des deux étapes minimales sans action dangereuse).

Tableau 2 : Nombre d'étapes correctes proposées dans la tâche de transfert en fonction du format (Number of correct steps proposed in the transfer task as a function of format)

	Rappel des actions	
Format	Moyenne	Ecart-type
statique	2,28	0,96
séquentiel	2,42	1,26

Concernant le nombre d'actions rappelées (voir tableau 2), les variances sont homogènes, des analyses de variance à un facteur seront donc réalisées. Le facteur format n'a pas d'effet sur le nombre d'étapes correctement rappelées (F<1).

La réalisation d'une action dangereuse sera analysée sur la base d'un tableau de fréquences des individus ayant réalisé ce type d'actions dans chacun des formats. Ce choix est justifié par la variabilité relativement faible du nombre d'erreurs par individu (0 à 2 erreurs).

Tableau 3 : Pourcentage d'individus ayant effectué une action dangereuse ou ayant réussi la tâche de transfert en fonction du format (Percentage of individuals who performed a dangerous action or succeeded in the transfer task as a function of format)

	Réalisation d'une action dangereuse	Réussite à la tâche
statique	56%	42%
séquentiel	21%	61%

La proportion d'individus ayant réalisé une action dangereuse (voir tableau 3) est plus de deux fois plus élevée dans la condition statique, cette différence étant significative ($\chi^2(1, N=37)=4{,}67$, $p=.03$). En revanche, la différence entre formats pour la réussite à la tâche n'est pas significative ($\chi^2(1, N=37)=1.33$, $p=.20$). Il faut rappeler ici que dans cette dernière mesure, la présence des deux actions minimales est prise en compte mais aussi l'absence d'erreurs, ceci expliquant que les proportions pour les erreurs et pour la réussite ne soient pas symétriques.

IV. Conclusion

Conformément à nos attentes, un effet globalement positif de l'utilisation d'une présentation séquentielle a été mis en évidence. Cet effet est démontré pour des questions portant sur le rappel ordonné d'éléments dans des procédures mais aussi pour des questions portant sur des aspects non temporels. De plus, une proportion nettement plus élevée d'individus réalise des actions dangereuses dans la tâche de transfert en version statique.

Il n'est toutefois pas possible de conclure de manière sûre à la présence d'un effet de congruence (ie. les présentations séquentielles en étant conformes au type de traitement réalisé dans une procédure amélioreraient leur mémorisation). En effet, la mise en évidence d'un effet similaire pour des éléments non procéduraux du document compromet largement cette interprétation. Une solution pour trancher consiste à tenter de mettre en évidence un effet de présentation séquentielle sur un document procédural uniquement visuel (un organigramme par exemple) ne nécessitant pas de coréférenciation avec une explication orale. Un tel effet positif de la présentation séquentielle permettrait d'isoler expérimentalement les effets dus au principe de congruence. Il faut rappeler que dans le cas de la présentation de plans, le rappel des sujets est généralement conforme au type de présentation séquentielle utilisé (Bétrancourt, Bisseret, & Faure, 2001). Ceci laisse à penser que ce type de présentation purement visuelle, en introduisant à la fois un ordre et en insistant sur le caractère discret (et non continu) des étapes (Zacks & Tversky, 2001), devrait pouvoir améliorer la mémorisation de procédures dont l'exécution est différée.

Enfin, une autre hypothèse peut être avancée concernant les éléments temporels. Dans l'étude de Bétrancourt et ses collaborateurs (2001), les diagrammes étaient présentés sans explication verbale. Dans notre étude, une explication orale guide fortement l'exploration du diagramme dans un ordre compatible avec les processus. La présence de ce guidage oral est peut-être suffisante pour réduire celui de la présentation séquentielle.

Concernant les effets observés pour des éléments non-temporels, plusieurs hypothèses explicatives peuvent être proposées :

- La première est relative au fait qu'une présentation séquentielle réduit la difficulté de traitement en provoquant une apparition progressive de l'information. Cette hypothèse peut être rapprochée de celles de travaux récents montrant que l'introduction progressive de notions dans un cours peut permettre d'améliorer les performances

(Kester, Kirschner, & van Merriënboer, 2004, 2005; Kester, Kirschner, van Merriënboer, & Baumer, 2001; Kester, Lehnen, Van Gerven, & Kirschner, 2006; Pollock, Chandler, & Sweller, 2002). Néanmoins, dans ces études, le matériel est plus complexe et est introduit en tout ou rien à différents moments de l'apprentissage.

- On peut aussi penser que cette apparition progressive contribue à maintenir un niveau minimum de vigilance en introduisant régulièrement de nouveaux stimuli dans l'environnement du sujet ou en favorisant leur traitement au niveau attentionnel (Cowan, 1995).

- La troisième est liée à la facilitation de la coréférenciation entre les sources d'informations visuelles et orales. En affichant « au bon moment » l'élément évoqué dans l'explication, on facilitera l'élaboration de liens référentiels entre les deux types de représentation. En l'occurrence, c'est le traitement synchrone des éléments en mémoire de travail qui facilite leur intégration mentale. Cette explication est inspirée des travaux démontrant une l'amélioration de l'apprentissage observée lorsque l'information verbale auditive et l'information illustrée sont présentées simultanément et non de manière successive (Baggett, 1984; Baggett & Ehrenfeucht, 1983; Mayer & Anderson, 1991, 1992). En fait, selon Mayer (2002), le traitement simultané d'informations verbales et imagées semble être une condition optimale pour la formation de liens référentiels entre éléments en mémoire de travail. De même, tout traitement asynchrone des deux sources exige le maintien en mémoire de travail de l'un des types d'informations avant l'apparition ou la localisation de l'autre source (Mayer & Moreno, 2003). Dans la version statique de notre étude, ce maintien en mémoire de travail peut être considéré comme plus complexe que dans la version dynamique dans la mesure où la localisation à l'écran de l'élément cité à l'oral peut être plus longue, et donc le traitement simultané des deux sources moins plausible.

Rien dans cette étude ne permet de trancher entre ces hypothèses explicatives. Une étude comparant des documents graphiques où la recherche est plus ou moins complexe permettra éventuellement de valider l'hypothèse de coréférenciation. En effet, ce type d'effet ne devant apparaître que si le processus d'élaboration des liens référentiels est complexe en version statique. Une absence d'effet de présentation séquentielle pour une version d'un document où la coréférenciation est aisée permettra alors de rejeter les hypothèses liées à la vigilance et à la quantité d'informations. Une étude de ce type est actuellement en cours. Enfin, les évaluations de l'apprentissage devront être complétées par des mesures plus spécifiques de la coréférenciation texte-illustration, par exemple des épreuves d'appariement de ces deux sources.

Concernant les retombées de cette étude en termes ergonomiques, il convient tout d'abord de rappeler qu'elles seront limitées aux documents possédant des caractéristiques similaires. Il s'agit donc de documents où le contrôle de l'utilisateur est faible et où des documents visuels relativement complexes sont commentés à l'oral. Ce type de situation n'est pas rare. Il s'agit par exemple de situations classiques d'enseignement, de situations de prise d'information à partir de diaporamas informatiques dans un colloque scientifique par exemple (voir Jamet, sous presse, pour une présentation plus générale des travaux relatifs à ces diaporamas). Rappelons que les situations de travail où des informations verbales sont proposées conjointement à des informations visuelles complexes sont très nombreuses : systèmes embarqués d'aides à la conduite (Liu, 2001; Wickens & Seppelt, 2002), gestion des informations orales d'une radio et des informations visuelles des appareils de vols pour des pilotes (Helleberg & Wickens, 2003; Kroft & Wickens, 2002), gestion d'informations multimodales dans le dialogue homme-machine (Le Bigot, Jamet, & Rouet, 2004; Le Bigot, Jamet, Rouet, & Amiel, 2006), etc. Les présentations séquentielles ne sont pas probablement adaptées à toutes ces situations et des études complémentaires devront être menées. Leur usage peut être recommandé pour limiter la quantité d'informations à l'écran, pour faciliter leur intégration avec l'oral si cela est nécessaire et enfin pour guider la lecture de documents où l'ordre de consultation est implicite. C'est notamment le cas d'informations illustrées ou d'informations verbales intégrées à un schéma qui, dans les deux cas, peuvent être consultées de manière non linéaire.

Dans cette perspective, notre étude démontre que la présentation séquentielle du contenu d'un document permet d'améliorer non seulement sa mémorisation mais aussi le transfert de connaissances à des situations nouvelles, et révélé ici pour le taux d'erreurs commises dans cette tâche. Cet effet est particulièrement intéressant dans la mesure où il permet d'élargir le champ d'utilisation de ce type de présentation à d'autres domaines que celui de l'apprentissage explicite d'informations.

L'effet obtenu n'est pas limité à des éléments procéduraux et peut être étendu à d'autres types de documents. Il est observé à la fois pour des graphiques organisateurs mais aussi pour des diagrammes complexes ou des illustrations multiples sur une page. Néanmoins, les effets sur des éléments purement textuels sont, à l'heure actuelle, indéterminés.

Les présentations séquentielles présentent cependant un inconvénient dans la mesure où la totalité des éléments graphiques n'est présentée qu'à la fin de la narration.

Ceci peut être gênant si cette information graphique est un ensemble cohérent de données (un organigramme ou le schéma complexe d'un système par exemple). Il conviendra donc de prendre la précaution de laisser ce dernier écran visible un minimum de temps à la fin de la présentation de chaque page. Enfin, ce type de présentation devra évidemment être évité dans les situations où la présence de toutes les informations visuelles est nécessaire au cours de toute la tâche.

REFERENCES

Baggett, P. (1984). Role of temporal overlap of visual and auditory material in forming dual media associations. *Journal of Educational Psychology, 76*(3), 408-416.

Baggett, P., & Ehrenfeucht, A. (1983). Encoding And retaining information in the visuals and verbals of an educational movie. *Educational communication and technology Journal*, 22-32.

Bétrancourt, M. (2005). The animation and interactivity principle in multimedia learning. In R. E. Mayer (Ed.), *The Cambridge Handbook of Multimedia Learning* (pp. 287-296). Cambridge: Cambridge University Press.

Bétrancourt, M., Bisseret, A., & Faure, A. (2001). Sequential display of pictures and its effect on mental representations. In J.-F. Rouet, J. J. Levonen & A. Biardeau (Eds.), *Multimedia Learning: Cognitive and Instructional Issues* (pp. 112-118). The Netherlands.: Elsevier Science.

Bétrancourt, M., Dillenbourg, P., & Montarnal, C. (2003). Computer Technologies in Powerful learning environments: The case of using animated and interactive graphics for teaching financial concepts. In L. V. E. De Corte, N. Entwistle & J. van Merrienböer (Ed.), *Unravelling basic components and dimensions of powerful learning environments.* (pp. 143 - 157): Advances in Learning and Instruction Series, Pergamon: Elsevier Science Ltd.

Bétrancourt, M., & Tversky, B. (2000). Effect of computer animation on users' performance: A review. *Le Travail Humain, 63(4)* 311-329.

Blankenship, J., & Dansereau, D. F. (2000). The Effect of Animated Node-Link Displays on Information Recall. *Journal of Experimental Education, 68*(4), 293.

Boucheix, J. M., & Guignard, H. (2005). What animated illustrations conditions can improve technical document comprehension in young students? Format, signaling and control of the presentation. *European Journal of Psychology of Education - EJPE, 20*(4), 369-388.

Chandler, P., & Sweller, J. (1996). Cognitive Load While Learning to Use a Computer Program. *Applied Cognitive Psychology, 10*(2), 151-170.

Cohen, J. (1992). A power primer. *Psychological Bulletin, 112*, 155-159.

Cowan, N. (1995). *Attention and memory: An integrated framework* (Vol. *26*). New York: Oxford University Press.

Craig, S. D., Gholson, B., & Driscoll, D. M. (2002). Animated Pedagogical Agents in Multimedia Educational Environments: Effects of Agent Properties, Picture Features, and Redundancy. *Journal of Educational Psychology, 94*(2), 428-434.

Erhel, S., & Jamet, E. (2006). Using pop-up windows to improve multimedia learning, . *Journal of Computer Assisted Learning, 22*, 137-147.

Ganier, F., Gombert, J. E., & Fayol, M. (2000). Effets du format de présentation des instructions sur l'apprentissage de procédures à l'aide de documents techniques. *Le Travail Humain, 63*(2), 121-152.

Ginns, P. (2005). Meta-analysis of the modality effect. *Learning and Instruction, 4*, 313-331.

Glenberg, A. M., & Langston, W. E. (1992). Comprehension of illustrated text: Pictures help to build mental models. *Journal of Memory and Language, 31*, 129-151.

Gyselinck, V. (1996). Illustrations et modèles mentaux dans la compréhension de textes. *L'année psychologique, 96*, 495-516.

Hannus, M., & Hyona, J. (1999). Utilization of Illustrations during Learning of Science Textbook Passages among Low- and High-Ability Children. *Contemporary Educational Psychology, 24*(2), 95.

Helleberg, J. R., & Wickens, C. D. (2003). Effects of Data-Link Modality and Display Redundancy on Pilot Performance: An Attentional Perspective. *International Journal of Aviation Psychology, 13*(3), 189-210.

Jamet, E. (2000). L'intégration spatiale d'éléments textuels et illustratifs améliore-t-elle la performance? *Revue d'intelligence artificielle*(14), 167-188.

Jamet, E. (2002). La conception de documents techniques peut-elle être améliorée par l'utilisation des nouvelles technologies ?. *Psychologie Française, 47*(1), 33-40.

Jamet, E. (2006a). Comprendre et apprendre avec les documents multimédias. In A. Piolat (Ed.), *Lire, écrire, communiquer et apprendre avec Internet* (pp. 509-528). Marseille: Solal.

Jamet, E. (2006b). Apprentissage à partir documents électroniques illustrés : le rôle des présentations séquentielles. In A. Piolat (Ed.), *Lire, écrire, communiquer et apprendre avec Internet*. (pp. 557-572). Marseille: Editions Solal.

Jamet, E. (sous presse) peut-on concevoir des documents électroniques plus efficaces? L'exemple des diaporamas. *European Review of Applied Psychology*

Jamet, E., & Erhel, S. (2006). Les effets de l'intégration spatiale de fenêtres ponctuelles sur la compréhension de documents pédagogiques illustrés. *Psychologie Française, Vol 51*(1), 73-86.

Jeung, H.-J., Chandler, P., & Sweller, J. (1997). The role of visual indicators in dual sensory mode instruction. *Educational Psychology, 3*, 329 -343.

Kalyuga, S., Chandler, P., & Sweller, J. (1999). Managing Split-attention and Redundancy in Multimedia Instruction. *Applied Cognitive Psychology, 13*, 351-371.

Kester, L., Kirschner, P. A., & van Merriënboer, J. J. G. (2004). Timing of information presentation in learning statistics. *Instructional Science, 32*(3), 233-252.

Kester, L., Kirschner, P. A., & van Merriënboer, J. J. G. (2005). The management of cognitive load during complex cognitive skill acquisition by means of computer-simulated problem solving. *British Journal of Educational Psychology, 75*(1), 71-85.

Kester, L., Kirschner, P. A., van Merriënboer, J. J. G., & Baumer, A. (2001). Just-in-time information presentation and the acquisition of complex cognitive skills. *Computers in Human Behavior, 17*(4), 373-391.

Kester, L., Lehnen, C., Van Gerven, P. W. M., & Kirschner, P. A. (2006). Just-in-time, schematic supportive information presentation during cognitive skill acquisition. *Computers in Human Behavior, 22*(1), 93-112.

Kroft, P., & Wickens, C. D. (2002). Displaying multi-domain graphical database information: An evaluation of scanning, clutter, display size, and user activity. *Information Design Journal, 11*, 44-52.

Le Bigot, L., Jamet, E., & Rouet, J.-F. (2004). Searching information with a natural language dialogue system: A comparison of spoken vs. written modalities. *Applied Ergonomics, 35*(6), 557-564.

Le Bigot, L., Jamet, E., Rouet, J.-F., & Amiel, V. (2006). Mode and modal transfer effects on performance and discourse organization with an information retrieval dialogue system in natural language. *Computers in Human Behavior, 22*(3), 467-500.

Liu, Y.-C. (2001). Comparative study of the effects of auditory, visual and multimodality displays on drivers' performance in advanced traveller information systems. *Ergonomics, 44*(4), 425-442.

Mautone, P. D., & Mayer, R. E. (2001). Signaling as a Cognitive Guide in Multimedia Learning. *Journal of Educational Psychology, 93*(2), 377-389.

Mayer, R. E. (1989). Systematic Thinking Fostered by Illustrations in Scientific Text. *Journal of Educational Psychology, 81*(2), 240-246.

Mayer, R. E. (2001). *Multimedia learning*. New York: Cambridge University press.

Mayer, R. E., & Anderson, R. B. (1991). Animations Need Narrations: An Experimental Test of a Dual-Coding Hypothesis. *Journal of Educational Psychology, 83*(4), 484-490.

Mayer, R. E., & Anderson, R. B. (1992). The Instructive Animation: Helping Students Build Connections Between Words and Pictures in Multimedia Learning. *Journal of Educational Psychology, 84*(4), 444-452.

Mayer, R. E., & Moreno, R. (1998). A Split-Attention Effect in Multimedia Learning: Evidence for Dual Processing Systems in Working Memory. *Journal of Educational Psychology, 90*(2), 312.

Mayer, R. E., & Moreno, R. (2003). Nine Ways to Reduce Cognitive Load in Multimedia Learning. *Educational Psychologist, 38*(1), 43-52.

Mousavi, S., Low, R., & Sweller, J. (1995). Reducing Cognitive Load by Mixing Auditory and Visual Presentation Modes. *Journal of Educational Psychology, 87*(2), 319-334

Narayanan, H. N., & Hegarty, M. (1998). On designing comprehensible interactive hypermedia manuals. *International Journal of Human-Computer Studies, 48*(2), 267-301.

Pollock, E., Chandler, P., & Sweller, J. (2002). Assimilating complex information. *Learning and Instruction, 12*(1), 61-86.

Schnotz, W. (2005). Integrative Model of Text and Picture Comprehension. In R. E. Mayer (Ed.), *The Cambridge Handbook of Multimedia Learning* (pp. 49-70). Cambridge: Cambridge university press.

Schnotz, W., & Bannert, M. (2003). Construction and interference in learning from multiple representation. *Learning and Instruction, 13*(2), 141-156.

Schnotz, W., Böckheler, J., & Grzondziel, H. (1999). Individual and co-operative learning with interactive animated pictures. *European Journal of Psychology of Education, 14*(2), 245-265.

Sweller, J. (1999). *Instructional Design in technical area* (*Australian Education Review* ed. Vol. 43). Melbourne: ACER Press.

Sweller, J., & Chandler, P. (1994). Why Some Material Is Difficult to Learn. *Cognition & Instruction, 12*, 185-233.

Tabbers, H. K., Martens, R. L., & van Merriënboer, J. J. G. (2004). Multimedia instructions and cognitive load theory: Effects of modality and cueing. *British Journal of Educational Psychology, 74*(1), 71-81.

Tindall-Ford, S., Chandler, P., & Sweller, J. (1997). When Two Sensory Modes Are Better Than One. *Journal of Experimental Psychology: Applied, 3*(4), 257-287.

Tversky, B., Morrison, J. B., & Bétrancourt, M. (2002). Animation: can it facilitate? *International Journal of Human-Computer Studies, 57*(4), 247-262.

van Merriënboer, J. J. G., & Sweller, J. (2005). Cognitive Load Theory and Complex Learning: Recent Developments and Future Directions. *Educational Psychology Review, 17*, 147-177.

Wickens, C. D., & Seppelt, B. (2002). *Interference With Driving or In-Vehicle Task Information: The Effects of Auditory Versus Visual Delivery*. Savoy: IL : University of Illinois, Aviation human factors division.

Wright, P., Hull, A., & Black, D. (1990). Integrating diagrams and text. *The Technical Writing Teacher, 17*, 244-254.

Zacks, J. M., & Tversky, B. (2001). Event structure in perception and conception. *Psychological bulletin., 127*(1), 3-21.